

Úsporné měniče Siemens s malým harmonickým zkreslením

Ing. Martin Pochyla, Ing. Pavel Kříž,
Siemens, s. r. o.

Růst požadavků na úspory elektrické energie vyžaduje používání regulovaných elektrických pohonů v oblastech, které byly dosud regulovány jinými konvenčními metodami. Vzrůstající počet měničů frekvence velkých výkonů ovšem nepříznivě ovlivňuje harmonické zkreslení napájecí sítě. Právě v této oblasti elektrických pohonů velkých výkonů nabízí společnost Siemens různá „nízkoharmonická“ řešení.

Nízkonapětové pohony Sinamics

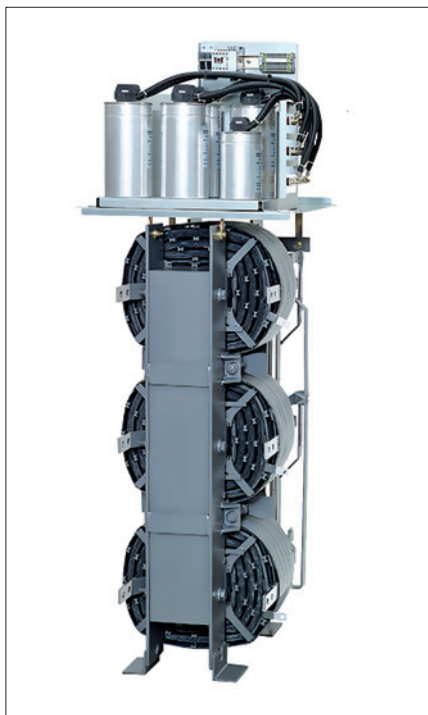
Energetická účinnost a kvalita výsledného procesu jsou hlavními argumenty pro použití měničů frekvence v nejrůznějších zařízeních. Velké výkony měničů, které jsou často požadovány, mají nežádoucí dopady na elektrickou síť.

Jedním z hlavních nežádoucích vlivů je zkreslení sítě vyššími harmonickými, které ovlivňují kvalitu odběru elektrické energie a zhoršují zatížení sítě jalovou složkou. K tomuto procesu dochází nelineární zátěží elektrické sítě šestipulzním můstkem. Ten při dobíjení kondenzátorů meziobvodu odebrává ze sítě proudové špičky, které způsobu-

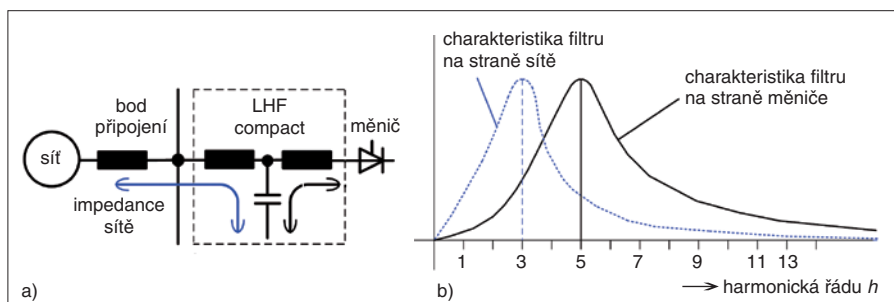


Obr. 1. Měniče frekvence Sinamics

jí úbytek napětí na vstupních impedancích měniče, a tak ovlivňují výsledný tvar napětí v napájecí síti. Podmínky pro výrobce a provozovatele elektrických zařízení sjednocují normy, udávající maximální přípustné úrovně uvedených nepříznivých vlivů. Pro nízkofrekvenční harmonické zkreslení jsou dostupné normy EN 61000 nebo IEEE 519. Tyto dokumenty stanovují jak maximální přípustné úrovně pro jednotlivé harmonické, tak celko-



Obr. 2. Filtr LHF



Obr. 3. Přehledové schéma a charakteristika filtru LHF

vé THD (Total Harmonic Distortion), vyjadřující míru celkového zkreslení od sinusového průběhu. Pro omezení těchto vlivů existuje několik řešení v podobě filtrace (aktivní nebo pasivní), popř. náhrady šestipulzních usměrňovačů vícepulzními zapojeními nebo aktivními usměrňovači.

Dalším nepříznivým jevem je rychlé spínání výkonových prvků, způsobující skokové změny napěťových úrovní na pracovních

částech měniče. V důsledku různých galvanických, kapacitních, indukčních nebo elektromagnetických vazeb může uvedený jev při nesprávné konstrukci nebo instalaci jednotlivých zařízení způsobit problémy. Pravidla pro regulované elektrické pohony jsou udána v příslušných normách EMC (Electromagnetic Compatibility). Důležité je, že uváděné dokumenty se nevztahují pouze k měniči samotnému, ale pokrývají celý systém elektrického regulovaného pohonu, který obsahuje také motor a dodatečnou výbavu. Norma EN 61800-3 uvádí čtyři kategorie prostředí a stanovuje maximální přípustné úrovně rušení ve frekvenčním spektru od 0,15 do 30 MHz. Splnění uvedených požadavků je důležité a zpravidla je ho dosahováno kvalitním stíněním či vhodným uspořádáním zařízení, kdy citlivé komponenty jsou umístěny odděleně od zdrojů rušení apod. U galvanických propojení (např. silové kabely u měniče) jsou pro splnění EMC použity vysokofrekvenční filtry.

Pro omezení nízkofrekvenčního harmonického zkreslení byla u velkých pohonů uvedena na trh novinka v podobě měniče frekvence Sinamics G150 Clean Power (obr. 1). Měnič poskytuje přednosti jednoduchého a robustního usměrňovače v šestipulzním zapojení v kombinaci s vestavěným kompaktním pasivním filtrem typu LHF compact (Line Harmonics Filter compact). Filtr LHF (obr. 2) je oscilační obvod, který je z pohledu měniče nalaďen tak, aby filtroval nejvíce zastou-

penou pátou a sedmou harmonickou proudů odebraného měničem ze sítě. Z pohledu sítě je filtr nalaďen tak, aby jeho rezonanční frekvence byla na úrovni třetí harmonické, která se v napájecí síti obvykle nenachází. Tím je zajištěno, že filtr není přetížen harmonickým zkreslením sítě a účinně filtruje pouze harmonické zkreslení vytvářené připojeným měničem. Základní schéma zapojení je na obr. 3a. Charakteristiku filtru ukazuje obr. 3b.

Šestipulzní usměrňovač vybavený filtrem LHF plní požadavky norem IEEE 519, EN 61000-2-4 ve třídě 2 při stoprocentní zátěži měniče.

Filtr typu LHF vzhledem ke své koncepci nevyžaduje aktivní součástky ani složité transformátory. Filtrace harmonického zkreslení je integrována v měniči, a není tedy nut-

šířících prvků. Mezi nejvýznamnější z nich patří různé stupně krytí, nadstandardní výbava rozváděče, vodní chlazení, různé druhy výstupních filtrů apod.

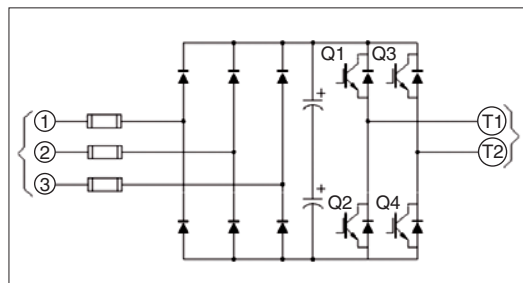
K dalším výhodám patří kompaktní rozměry měniče. Oproti standardnímu provedení měniče Sinamics G150 je verze Clean Power rozšířena pouze o 400 nebo 600 mm.

Navíc není třeba používat speciální transformátor. Ten se využívá pro dvanáctipulzní zapojení, přičemž úroveň harmonického zkreslení s filtrem LHF je v podstatě nižší než při tomto typu zapojení. Při napájení ze sítě 400 V se často používá napájení více pohonů z jednoho transformátoru, a dvanáctipulzní zapojení tedy nelze realizovat. Měniče s integrovaným filtrem LHF jsou v těchto případech vhodným řešením. V závislosti na výkonu se mě-

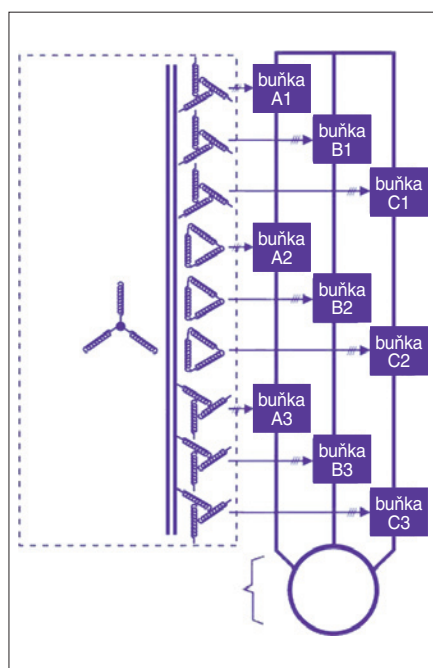
dačem s odporníky. V případě měkké sítě (typicky $RSC < 10$) může nastat nadměrné rozladění filtru směrem k první harmonické, které vede k přetížení filtru proudem odebíraným ze sítě. Při příliš měkkých sítích, sítích s nestabilním napětím nebo je-li požadována rekuperace energie do sítě, lze volit nízkoharmonický pohon Sinamics S150 nebo S120 s aktivním usměrňovačem.

Měnič frekvence Robicon Perfect Harmony

Nízkonapětové pohony s malým harmonickým zkreslením doplňuje měnič frekvence vysokého napětí Robicon Perfect Harmony. Tento pohon je jedinečný jak z hlediska použitých výkonových prvků, tak celkové koncepce, která přináší variabilitu, úspornost a velkou spolehlivost i pro menší výkony (od 300 kW).



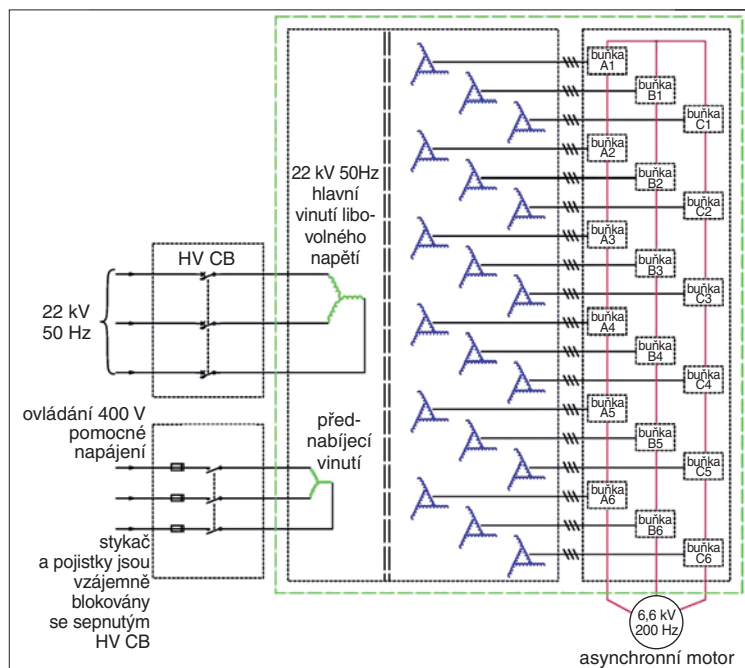
Obr. 4. Výkonová buňka



Obr. 5. Sériové zapojení výkonových buněk

ne dodatečné filtrační zařízení nebo opatření, což spoří investice i náklady na provozování zařízení. Koncepce řešení má i další výhody. Například velmi malou poruchovost, která je zajištěna velmi spolehlivými pasivními součástkami. Nedochází k mechanickému opotřebení, zařízení je odolné proti mechanickému zatížení nebo elektrickým poruchám. Ve srovnání s filtry používajícími aktivní prvky je provozní spolehlivost (MTBF) až o 75 % vyšší. Díky absenci aktivních spínacích prvků a velmi jakostnímu nízkoztrátovému oscilačnímu obvodu dochází pouze k minimálnímu dodatečnému omezení účinnosti pohonu. Úspora energie v porovnání s aktivně spínaným usměrňovačem (AFE) je značná, na vstupu měniče lze dosáhnout až o 50 % menší ztráty. K měniči Sinamics G150 Clean Power je k dispozici široká nabídka volitelných roz-

nič standardně dodává s pojistkovým odpojovačem nebo výkonovým vypínačem, které spolu s měničem jistí i samotný filtr. Jednou z nevýhod pasivních filtrů může být kapacitní zatížení sítě při vypnutém měniči. Uvedená topologie měniče Sinamics G150 zajišťuje, že při vypnutí hlavního stykače měniče současně odpojí filtr LHF od sítě. Měniče Sinamics G150 Clean Power se v závislosti na výkonu dodávají v širokém rozsahu napájecích napětí (380 až 690 V AC) a výkonů (75 až 1 500 kW). Měnič lze dále provozovat v uzemněných sítích (TN/TT) nebo izolovaných sítích (IT) při 50 nebo 60 Hz. Sinamics G150 se vyrábí až do výkonu 2 700 kW, pro výkony od 630 kW je možné konfigurovat i dvanáctipulzní zapojení. Měnič s filtrem LHF lze použít v případech, kdy pohon nevyžaduje rekuperaci. Při požadavku na brzdění je měnič možné vybavit brzdovým stří-



Obr. 6. Celkové zapojení měniče

Princip měniče je založen na víceúrovňové pulzní šířkové modulaci (multilevel PWM), která vychází ze sériového řazení jednotlivých spínacích prvků. Základním stavebním prvkem měniče je tzv. výkonová buňka (powercell). Ta využívá nízkonapětové spínací prvky IGBT (Insulated Gate Bipolar Transistor). Každou buňku (obr. 4) lze popsat jako samostatný měnič frekvence s napětovým meziobvodem. Měnič v závislosti na provedení obsahuje v každé fázi několik výkonových buněk, jejichž výstupy jsou zapojeny do série (obr. 5). Speciální software spíná buňky v takové posloupnosti, aby bylo dosaženo víceúrovňového spínání s výsledným sinusovým průběhem. Tranzistory střídače pracují s poměrně nízkou spínací frekvencí, která se pohybuje mezi 400 až 600 Hz, což má příznivý vliv na ztráty výkonových prvků. Díky sériovému řazení a víceúrovňovému systému

spínání je dosaženo vysoké efektivní výstupní frekvence. Výsledkem je harmonický tvar výstupního napětí a proudu. Proto je z tohoto měniče možné napájet bez použití jakéhokoliv filtru i staré motory, určené k napájení přímo ze sítě. Kvalitní průběh výstupního napětí měniče umožňuje i použití dlouhých motorových kabelů. Existuje několik příkladů použití měniče s kabely k motoru délky větší než 5 km. Zároveň tato technika poskytuje modulárnost a možnost vytvořit téměř libovolné výstupní napětí, aniž by bylo nutné použít transformátor. Příkladem je měnič frekvence určený pro 6kV motory, které se v ČR i v okolních zemích používají nejčastěji. Měřením bylo prokázáno, že tepelné zatížení motoru napájeného z měniče Robicon Perfect Harmony je stejné jako při napájení

z dieselového generátoru. Rovněž lze odvodit velikost napěťových pulzů na svorkách motoru a s tím spojenou nenáročnost na izolaci vinutí. Vzhledem k tomuto omezení velikosti spínaného napětí a přítomnosti oddělovacího transformátoru se netvoří souhlasné napětí, a není tedy důvod mít v motoru izolovaná ložiska, neboť všechny ložiskové proudy jsou takto omezeny na téměř neměřitelnou hranici. Izolované ložisko v motoru znamená u nových motorů vyšší cenu, u starších motorů nákladné úpravy.

Další zásadní předností tohoto unikátního technického řešení je způsob napájení, který použitím speciálního transformátoru a sériového řazení výkonových buněk výrazně omezuje harmonické zkreslení napájecí sítě. Zapojení vstupního usměrňovače je

vždy minimálně osmnáctipulzní, vzhledem k tomu, že počet pulzů souvisí s počtem použitých buněk v jedné fázi. Při 6 kV na výstupu, kde je šest buněk v sérii, je napájení 36pulzní (obr. 6). Při 36pulzním napájení je celkový faktor harmonického zkreslení menší než jedno procento. Není třeba používat přídavné filtry a celkový zastavěný prostor je menší.

Zásadou uvedených technických předností, jako je velká účinnost, odstranění harmonických zkreslení, vyloučení oteplení a namáhání izolace motoru, dlouhé vzdálenosti kabelů k motoru a vysoké hodnoty účinnosti, jsou provozní náklady na celé zařízení i prostor potřebný k jeho umístění minimalizovány.

<http://www.siemens.cz/pohony>

Technický týdeník

Pojďte s námi do světa průmyslu a nových technologií

www.techtydenik.cz

Technický týdeník
CELOSTÁTNÍ NEZÁVISLÝ LIST PRO VÝZKUM, VÝVOJ A PRŮMYŠLOVOU PRAKTIKU
Číslo 2842, vychází 2842
Ročník 59, 22. 3. 2011 • č. 6
Aktuální technické zprávy a ústředí na WWW.TECHTYDENIK.CZ
SAMOSTATNÁ PŘÍLOHA PLASTY

NÁPAD/VIRTUÁLNÍ REALITA/VÝROBEK
Čtěte na str. 3-5

AMPER 2011
str. 23-36

Buggyna z bambusu
Je prototypu Ciroto Miki (1968-1987). Tento...
...je na své...
...je na své...
...je na své...

Dehterých drah
12.4. - 14.4. 2011, Praha
FESTO

www.odbornecasopisy.cz

**nové webové stránky
s vylepšeným vyhledávačem
a možností stahovat články v PDF**

